

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อพัฒนาความเหมาะสมของ ระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดนครสวรรค์

Using Economic Analysis Approach for Developing the Optimal of Community Hospital Wastewater Treatment Plant in Nakhon Sawan Province

ธีระ เก่งเขตรกรณ์

Teera Kangkhetkron

สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครสวรรค์

Nakhon Sawan Provincial Public Health Office

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วยและความเป็นไปได้ในการพัฒนาความเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนในจังหวัดนครสวรรค์ สร้างรูปแบบการควบคุมและพัฒนาการดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียต้นแบบ ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถใช้เป็นแนวทางการตัดสินใจเลือกระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนได้อย่างเหมาะสม คุ่มค่า มีประสิทธิภาพ ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม โดยศึกษาการวิเคราะห์ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ แนวโน้มขีดจำกัด และวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของระบบบำบัดน้ำเสียที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนด ได้แก่ ระบบสระเติมอากาศ ระบบคลองวนเวียน และระบบตะกอนเร่ง ผลการศึกษาพบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียเดิมที่เป็นระบบบำบัดน้ำเสียทุกแห่งมีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์สูงกว่าค่ามาตรฐานคือมากกว่า 12 กรัมบีโอดีต่อตารางเมตรต่อวัน และมีค่าสูงสุดเฉลี่ย 84 กรัมบีโอดีต่อตารางเมตรต่อวัน ที่โรงพยาบาลตากลี ค่าเฉลี่ยต้นทุนต่อหน่วยของระบบบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลา 20 ปี ของระบบสระเติมอากาศมีค่าต่ำที่สุด 34 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ในขณะที่ระบบตะกอนเร่งมีค่าเฉลี่ยต้นทุนต่อหน่วยสูงที่สุด 54 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้ตามข้อจำกัดของพื้นที่ เทคโนโลยีที่เหมาะสมและประสิทธิภาพ ร่วมกับต้นทุนต่อหน่วย จะพบว่าระบบคลองวนเวียนมีความเหมาะสมที่สุดและเมื่อนำมาเป็นระบบบำบัดน้ำเสียต้นแบบพัฒนาความเหมาะสมด้วยรูปแบบตามแนวคิด 3 พี ที่มีกระบวนการกำหนดเป้าหมาย กระบวนการดำเนินงาน และผลลัพธ์ที่ต้องการ สามารถควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลให้มีประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดีสูงถึงร้อยละ 95.8 ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ไม่เกินค่ามาตรฐาน ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

คำสำคัญ: ต้นทุนต่อหน่วย ความเหมาะสม ระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน

Abstract

This study evaluates the unit costs and develops feasibility in operating the wastewater treatment system of community hospitals in Nakhon Sawan Province in order to design an economically feasible and ongoing development process model. The research results of this study could be utilized as a guideline for opting for an adequate, cost-effective, and does not cause any impact on health and the environment. The organic loading analysis, trend to over organic loading, and economic analysis of wastewater treatment systems established by the Ministry of Public Health, including aerated lagoon system, oxidation ditch system, and completely mixed activated sludge system were employed in this study. According to the study's findings, all prior wastewater treatment systems with diverted oxidation pond systems had organic levels above the standard (12 g-BOD/m²/d). Takhli hospital possessing the highest value at 84 g-BOD/m²/d. The aerated lagoon system was the lowest average unit cost at 34 Baht/ m³, whereas the completely mixed activated sludge system has the highest average unit cost at 54 Baht/ m³ and the oxidation ditch system is the most effective approach. Due to the hospital's limited area is used, appropriate technology, and BOD removal efficiency. The using of 3P concept consisting of purpose, process, and performance will assist with driving the control and improvement of complete, consistent and proper wastewater treatment frameworks.

Keywords: Unit Cost, Optimal, Cummunity Hospital Wastewater Treatment Plant

1. บทนำ

ปัจจุบันการพัฒนาระบบบริการสุขภาพและวิวัฒนาการทางการแพทย์ในการสร้างเสริมการมีคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างสมบูรณ์ทำให้ประชาชนเข้าถึงการรักษาพยาบาลเพิ่มมากขึ้น โรงพยาบาลมีการปรับเพิ่มกิจกรรมการให้บริการทางการแพทย์และจำนวนเตียงรองรับผู้ป่วย ก่อให้เกิดมีปริมาณน้ำเสียเพิ่มมากขึ้น (Kumari et al., 2020) ส่งผลกระทบต่อการเพิ่มภาระบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic Loading, ORL) ของระบบบำบัดน้ำเสียที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ทำให้ลดประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย เกิดปัญหาปนเปื้อนของเชื้อโรคและสารเคมี

อันตรายตกค้างลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม (Majumder et al., 2021) น้ำเสียจากโรงพยาบาลเกิดจากกิจกรรมการให้บริการผู้ป่วยตั้งแต่การปฐมพยาบาล การตรวจวินิจฉัยโรค การแพทย์ฉุกเฉิน การผ่าตัด การทำคลอด การตรวจทางห้องปฏิบัติการ การฉายรังสี รวมถึงน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมการดำรงชีวิตของเจ้าหน้าที่ โรงอาหาร การซักล้าง และโรงซ่อมบำรุง (Carraro et al., 2016) คุณลักษณะของน้ำเสียจะแปรผันตามขนาดและความเฉพาะทางของโรงพยาบาล โดยโรงพยาบาลขนาดใหญ่จะมีจำนวนเตียงมากกว่า 500 เตียง โรงพยาบาลขนาดกลางมีจำนวนเตียง 100-499 เตียง และโรงพยาบาลขนาดเล็กมีจำนวนเตียงน้อยกว่า 100 เตียง ซึ่งจะมีปริมาณน้ำเสียเฉลี่ย 400-1,000 ลิตรต่อเตียงต่อวัน (Zhang et al., 2020) องค์ประกอบของสารอันตรายในน้ำเสียโรงพยาบาลที่สำคัญคือ สารอันตรายตกค้างทางกายภาพ สารเคมี และเชื้อโรค (Pathogen microorganisms) (Chartier, 2014) ความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ เทคนิค และประเภทของระบบบำบัดน้ำเสีย ถูกให้ความสำคัญอย่างยิ่งในการบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลให้มีคุณภาพได้มาตรฐานก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือระบบบำบัดน้ำเสียของเมือง (Verlicchi et al., 2015 and Senante et al., 2012) ทั้งนี้การบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลเป็นการลงทุนที่ไม่มุ่งหวังผลตอบแทนแต่จะคำนึงถึงประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดี (BOD Removal Efficiency) ที่มากกว่าร้อยละ 80 และการทำลายเชื้อโรค (Disinfections) เป็นสำคัญ (Bhandari et al., 2023) หากการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลไม่มีประสิทธิภาพจะส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ทั้งก่อให้เกิดความเจ็บป่วยทางกาย ผลกระทบต่อสุขภาพจิตจากการสัมผัสกลิ่นหรือละอองน้ำเสีย ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในน้ำ (Preecha et al., 2009)

การเพิ่มศักยภาพการให้บริการและขนาดของโรงพยาบาล ส่งผลต่อการเพิ่มของปริมาณน้ำเสียและสิ่งปฏิกูล ทั้งนี้ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลส่วนใหญ่มีการก่อสร้างพร้อมกับการก่อตั้งโรงพยาบาล ซึ่งโรงพยาบาลมากกว่าร้อยละ 50 ก่อตั้งมากกว่า 30 ปี ระบบบำบัดน้ำเสียจึงมีการชำรุดไปตามอายุการใช้งาน (กองบริหารการสาธารณสุข, 2565) ค่าความสกปรกที่เป็นสารอินทรีย์และปริมาณของน้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณมากเกินขีดความสามารถในการรองรับน้ำเสีย (Over Organic Loading) นอกจากนี้ ยังมีกลุ่มของโรงพยาบาลที่ต้องเฝ้าระวัง คือ กลุ่มที่ระบบบำบัดน้ำเสียมีแนวโน้มจะมีปริมาณน้ำเสียเกินขีดความสามารถในการรองรับของระบบบำบัดน้ำเสีย (Trend to Over Organic Loading) นำไปสู่การพัฒนาและแก้ไขปัญหาระบบน้ำเสียภายในหน่วยงานหรือโรงพยาบาลที่สังกัดกระทรวงสาธารณสุขตั้งแต่ พ.ศ. 2560 จนถึงปัจจุบันก็ยังประสบปัญหาที่ไม่สามารถขับเคลื่อนให้บรรลุตามเป้าหมายได้โดยปัญหาสำคัญคือ การศึกษาและออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลตามปริมาณและค่าความสกปรกของน้ำเสียที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งกระทรวงสาธารณสุขกำหนดประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียสำหรับโรงพยาบาลขนาด 30 - 150 เตียงไว้ 3 ประเภทได้แก่ ระบบสระ

เติมอากาศ (Aerated Lagoon : AL) ระบบคลองวนเวียน (Oxidation Ditch : OD) และระบบตะกอนเร่ง (Activated Sludge : AS) โดยแต่ละโรงพยาบาลต้องพิจารณาเลือกใช้ตามความเหมาะสม ทำให้ประสบปัญหาเนื่องจากขาดวิศวกรผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตามหลักวิชาการ (กองบริหารการสาธารณสุข, 2565)

จังหวัดนครสวรรค์มีโรงพยาบาลชุมชน จำนวน 13 แห่ง ส่วนใหญ่ร้อยละ 92 ดำเนินการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียตั้งแต่ปี พ.ศ. 2536–2540 มีอายุการใช้งาน 26–30 ปี (สมาน รุ่งศรีทอง, 2542) โดยเป็นระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย (Oxidation Pond) 10 แห่ง ระบบตะกอนเร่ง 2 แห่ง และระบบคลองวนเวียน 1 แห่ง จากการเพิ่มศักยภาพและปรับระดับการให้บริการทำให้โรงพยาบาลชุมชนในจังหวัดนครสวรรค์มีปริมาณน้ำเสียเพิ่ม 2-3 เท่าของปริมาณน้ำเสียที่ใช้ออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียเดิม (กองบริหารการสาธารณสุข, 2565) จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการศึกษาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อพัฒนาความเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลชุมชนในการไม่ให้น้ำเสียจากโรงพยาบาลส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชน ชุมชน และสิ่งแวดล้อม

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ต้นทุนต่อหน่วย (Unit Cost) และความเป็นไปได้ (Feasibility) ในการพัฒนาความเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนในจังหวัดนครสวรรค์ สร้างรูปแบบการควบคุมและพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสีย สามารถใช้เป็นแนวทางการตัดสินใจเลือกระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนได้อย่างเหมาะสม คำนวณ มีประสิทธิภาพ ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 เครื่องมือ

แบบสำรวจข้อมูลทั่วไปและการดูแลบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนตามยุทธศาสตร์การพัฒนาและแก้ไขปัญหาของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลในหน่วยงานสังกัดกระทรวงสาธารณสุข พ.ศ. 2560-2565 โดยมีข้อคำถามที่สำคัญได้แก่ 1) ข้อมูลทั่วไป ได้แก่ ขนาดโรงพยาบาล ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ (Wastewater Flow, Q) ค่าบีโอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบ (Influent BOD) ขนาดของพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย 2) ข้อมูลการดูแลบำรุงรักษา ได้แก่ ค่าไฟฟ้า ค่าสารเคมี ค่าชุดตรวจน้ำเสีย ค่าจ้างตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย ค่าใช้จ่ายผู้ดูแล ค่าซ่อมบำรุง โดยสอดคล้องกับแนวทางการของงบประมาณและการดูแลระบบบำบัดน้ำเสียของกองบริหารการสาธารณสุข สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข แนวทางการของงบประมาณระบบบำบัดน้ำเสีย ตามแบบแปลนมาตรฐานของสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข แบ่งเป็นแบบแปลนมาตรฐานระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน สามารถรองรับน้ำเสียขนาด 30-150 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ประกอบด้วย 1) ระบบสระเติมอากาศ 2) ระบบคลองวนเวียน และ 3) ระบบตะกอนเร่ง ตามความเป็นไปได้ ให้มีความเหมาะสมกับขนาดของพื้นที่ ประสิทธิภาพ และเทคโนโลยีที่เหมาะสม ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปและค่าดูแลบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดนครสวรรค์

โรงพยาบาล	ขนาด (เตียง)	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./วัน)	ค่าบีโอดี (มก./ลิตร)	ค่าดูแลบำรุงรักษา (บาทต่อปี)	พื้นที่ทั้งหมด (ตารางเมตร)
ตากลี	120	157	405	189,340	1,520
บรรพตพิสัย	120	108	220	167,580	1,330
ท่าตะโก	90	110	340	162,200	1,110
ลาดยาว	90	120	320	162,100	1,330
ชุมแสง	60	66	375	151,600	1,110
ไพศาลี	60	68	360	257,418	1,044
หนองบัว	60	72	242	138,400	1,008
ตากฟ้า	39	68	228	136,200	1,152
พยุหะคีรี	30	60	290	134,900	1,110
โกรกพระ	30	60	270	128,560	1,110
เก้าเลี้ยว	30	59	220	126,450	1,330
แม่วงก์	30	56	480	246,900	400
ชุมตาบง	10	18	218	96,500	400

ตารางที่ 2 แบบแปลนมาตรฐานของระบบบำบัดน้ำเสีย สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข

ประเภท	ขนาด (ลูกบาศก์เมตรต่อวัน)	เลขที่แบบแปลน
ระบบตะกอนเร่ง	30	สป.สธ.-AS30
	60	สป.สธ.-AS60
	90	สป.สธ.-AS90
	150	สป.สธ.-AS150
ระบบคลองวนเวียน	60	สป.สธ.-OD60
	90	สป.สธ.-OD90
	150	สป.สธ.-OD150
ระบบสระเติมอากาศ	30	สป.สธ.-AL30
	60	สป.สธ.-AL60

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Analysis Approach) เป็นการวิเคราะห์ต้นทุนรวม (Overall Cost, OL) ประกอบด้วย ต้นทุนค่าลงทุนก่อสร้าง (Capital Cost, CC) รวมกับต้นทุนค่าดำเนินการดูแลบำรุงรักษา (Recurrent Cost, RC) ต้นทุนค่าลงทุนก่อสร้างใช้ตามแบบประมาณการราคาของแบบแปลนระบบบำบัดน้ำเสียของสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข ที่ไม่รวมระบบท่อรวบรวมน้ำเสีย ตามแนวทางการของประมาณปี พ.ศ. 2562-2565 การวิเคราะห์ค่าต้นทุนต่อหน่วย (Unit Cost, UC) ดังนี้

$$\text{Unit Cost 1 ปี} = [(CC) + (RC)]/Q \text{ (m}^3/\text{year)} = \text{บาทต่อน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร}$$

$$\text{Trend of Unit Cost 10 ปี} = [(CC/10) + 1.5(RC)]/Q \text{ (m}^3/\text{year)} = \text{บาทต่อน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร}$$

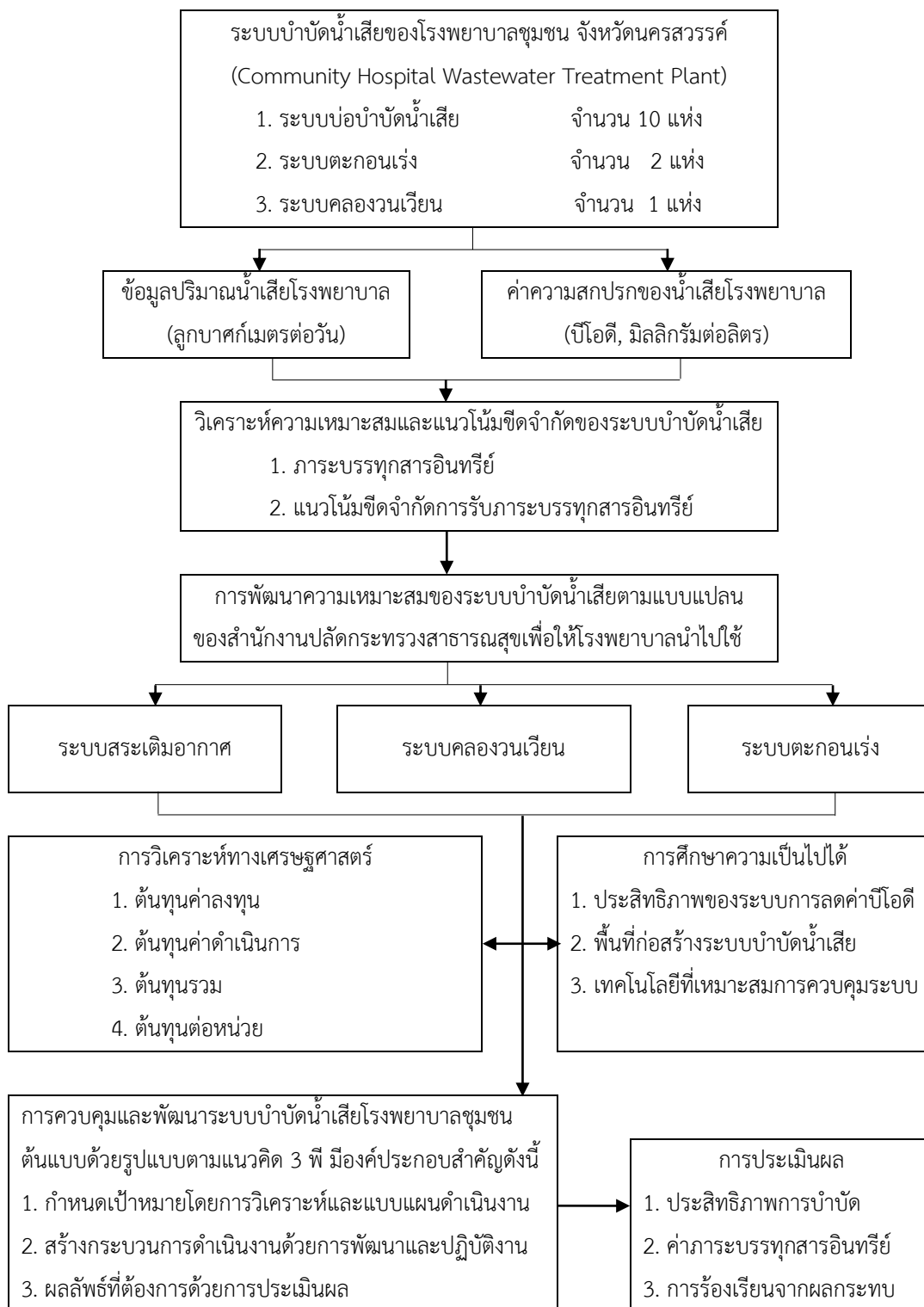
$$\text{Trend of Unit Cost 20 ปี} = [(CC/20) + 2.0(RC)]/Q \text{ (m}^3/\text{year)} = \text{บาทต่อน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร}$$

การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย วิเคราะห์จากองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ 1) ประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดี มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ร้อยละ 75-79 ให้ 1 คะแนน ร้อยละ 80-84 ให้ 2 คะแนน ร้อยละ 85-89 ให้ 3 คะแนน ร้อยละ 90-94 ให้ 4 คะแนน ร้อยละ 95-100 ให้ 5 คะแนน (Cetkovic et al., 2022) 2) พื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสีย มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ใช้พื้นที่ 400-594 ตารางเมตร ให้ 5 คะแนน ใช้พื้นที่ 595-789 ตารางเมตร ให้ 4 คะแนน ใช้พื้นที่ 790-984 ตารางเมตร ให้ 3 คะแนน ใช้พื้นที่ 985-1,179 ให้ 2 คะแนน และใช้พื้นที่ 1,180-1,374 ตารางเมตร ให้ 1 คะแนน (Goffi et al., 2018) 3) เทคโนโลยีที่เหมาะสม มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ใช้เทคโนโลยีควบคุมระบบเหมาะสมมากที่สุด ให้ 5 คะแนน เหมาะสมมากให้ 4 คะแนน เหมาะสมพอใช้ให้ 3 คะแนน เหมาะสมน้อยให้ 2 คะแนน และเหมาะสมน้อยที่สุดให้ 1 คะแนน (Cicekalan et al., 2023) การวิเคราะห์ความเหมาะสมจะเพิ่มค่าต้นทุนต่อหน่วยในการบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลา 20 ปี โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ต้นทุนต่อหน่วย 32-36 บาท ให้ 5 คะแนน ต้นทุนต่อหน่วย 37-41 บาท ให้ 4 คะแนน ต้นทุนต่อหน่วย 42-46 บาท ให้ 3 คะแนน ต้นทุนต่อหน่วย 47-51 บาท ให้ 2 คะแนน และต้นทุนต่อหน่วย 52-56 บาท ให้ 1 คะแนน

3.2 ขอบเขตและพื้นที่การวิจัย

ดำเนินการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และความเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน ขนาด 30-120 เตียง ในจังหวัดนครสวรรค์ จำนวน 13 แห่ง ได้แก่ โรงพยาบาลตากสิน โรงพยาบาลบรรพตพิสัย โรงพยาบาลท่าตะโก โรงพยาบาลลาดยาว โรงพยาบาลชุมแสง โรงพยาบาลไพศาลี โรงพยาบาลหนองบัว โรงพยาบาลตากฟ้า โรงพยาบาลพยุหะคีรี โรงพยาบาลโกรกพระ โรงพยาบาลเก้าเลี้ยว โรงพยาบาลแม่วงก์ และโรงพยาบาลชุมตาบง โดยกำหนดโรงพยาบาลตากสินเป็นโรงพยาบาลต้นแบบพัฒนาความเหมาะสมด้วยรูปแบบตามแนวคิด 3 พี ได้แก่ การกำหนดเป้าหมาย (Purpose) การกำหนดกระบวนการดำเนินงาน (Process) และผลลัพธ์ที่ต้องการ (Performance) ให้สามารถควบคุมดูแลระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลให้มีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ไม่เกินค่ามาตรฐาน และไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

3.3 กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดการวิจัยวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์และพัฒนาความเหมาะสมระบบบำบัดน้ำเสีย

4. ผลการวิจัย

4.1 ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์

ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนในจังหวัดนครสวรรค์ ที่ใช้อยู่เดิมเป็นระบบบำบัดน้ำเสียพบว่าทุกแห่งมีค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เกินค่ามาตรฐาน คือมีค่ามากกว่า 12 กรัมบีโอดีต่อตารางเมตรต่อวัน โดยเฉลี่ยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 83.66 กรัมบีโอดีต่อตารางเมตรต่อวัน ที่โรงพยาบาลตากคลี หรือเพิ่มขึ้นจากเดิมปี 2542 เท่ากับ 61.56 กรัมบีโอดีต่อตารางเมตรต่อวัน ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลขนาด 90 เตียง มีค่าเฉลี่ยภาระบรรทุกสารอินทรีย์เพิ่มขึ้นมากที่สุด 43.43 กรัมบีโอดีต่อตารางเมตรต่อวัน สูงกว่าค่าเฉลี่ยการเพิ่มของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของโรงพยาบาลทุกขนาดทั้งหมดที่มีค่าเท่ากับ 29.18 กรัมบีโอดีต่อตารางเมตรต่อวัน ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์และแนวโน้มการเพิ่มขึ้น ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2542-2566

โรงพยาบาล	ขนาด (เตียง)	A (m ²)	พ.ศ. 2542			พ.ศ. 2566			แนวโน้ม
			Q	BOD	ORL	Q	BOD	ORL	
ตากคลี	120	760	96	175	22.10	157	405	83.66	+61.56
บรรพตพิสัย	120	665	70	141	14.84	108	220	35.73	+20.89
ท่าตะโก	90	555	66	131	15.57	110	340	67.38	+51.81
ลาดยาว	90	665	92	164	22.69	120	320	57.74	+35.05
ชุมแสง	60	555	48	136	11.76	66	375	44.59	+32.83
ไพศาลี	60	522	55	120	12.64	68	360	46.89	+34.25
หนองบัว	60	504	68	142	23.84	72	242	43.02	+19.18
ตากฟ้า	39	576	48	128	10.67	68	228	26.91	+16.24
พยุหะคีรี	30	555	44	143	11.33	60	290	31.35	+20.02
โกรกพระ	30	555	40	170	12.25	60	270	29.19	+16.94
เก้าเลี้ยว	30	665	40	120	7.21	59	220	19.51	+12.30

A คือ พื้นที่บำบัดน้ำเสีย หน่วย ตารางเมตร Q คือ ปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบ หน่วย ลูกบาศก์เมตรต่อวัน

BOD คือ ค่าบีโอดีของน้ำเสียที่เข้าระบบ หน่วย มิลลิกรัมต่อลิตร

ORL คือ ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ หน่วย กรัมบีโอดีต่อตารางเมตรต่อวัน

ค่ามาตรฐานไม่เกิน 12 กรัมบีโอดีต่อตารางเมตรต่อวัน (เกรียงศักดิ์ อุทุมสินโรจน์, 2539)

4.2 ต้นทุนค่าลงทุน ค่าดำเนินการ และต้นทุนรวม

ประมาณการต้นทุนค่าลงทุนก่อสร้าง ระบบสระเติมอากาศ มีค่าเฉลี่ยต้นทุนค่าลงทุนก่อสร้างที่ไม่รวมระบบท่อรวบรวมน้ำเสียต่ำที่สุด เท่ากับ 4,839,076 บาท โดยต้นทุนค่าลงทุนต่ำสุด 4,176,000 บาท เป็นระบบสระเติมอากาศของโรงพยาบาลชุมตาบง ต้นทุนค่าลงทุนสูงสุด 8,250,600 บาท เป็นระบบตะกอนเร่งของ

โรงพยาบาลบรรพตพิสัยและตากลี ระบบคลองวนเวียนมีค่าต้นทุนค่าลงทุนเฉลี่ยสูงสุด 5,779,523 บาท ดังตารางที่ 4 ประเมินการต้นทุนค่าดำเนินการดูแลบำรุงรักษาระบบสระเติมอากาศ มีค่าเฉลี่ยต้นทุนค่าดำเนินการดูแลบำรุงรักษาต่ำที่สุด เท่ากับ 303,830 บาทต่อปี โดยต้นทุนค่าดำเนินการดูแลบำรุงรักษาต่ำสุด 270,600 บาทต่อปี เป็นระบบสระเติมอากาศของโรงพยาบาลชุมตาบง ต้นทุนค่าดำเนินการดูแลบำรุงรักษาสูงสุด 570,600 บาทต่อปี เป็นระบบตะกอนเร่งของโรงพยาบาลบรรพตพิสัย ตากลี ท่าตะโก และลาดยาว ระบบตะกอนเร่งมีค่าต้นทุนค่าดำเนินการดูแลบำรุงรักษาเฉลี่ยสูงสุด 482,907 บาทต่อปี ดังตารางที่ 5 และ ประเมินการของต้นทุนรวม ทั้งต้นทุนค่าลงทุนสิ่งก่อสร้างและค่าดำเนินการดูแลบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย แบบสระเติมอากาศ มีค่าเฉลี่ยต้นทุนรวมต่ำที่สุด เท่ากับ 5,142,907 บาท โดยต้นทุนรวมต่ำสุด 4,446,600 บาท เป็นระบบสระเติมอากาศของโรงพยาบาลชุมตาบง ต้นทุนรวมสูงสุด 8,821,200 บาท เป็นระบบตะกอนเร่งของ โรงพยาบาลตากลีและบรรพตพิสัย ระบบคลองวนเวียนมีค่าเฉลี่ยของค่าต้นทุนรวมสูงสุด 6,146,123 บาท ดังตารางที่ 6 และภาพที่ 2

ตารางที่ 4 ประเมินการต้นทุนค่าลงทุนก่อสร้างของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน

โรงพยาบาล	ขนาด (เตียง)	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม.)	ต้นทุนค่าลงทุน (บาท)		
			สระเติมอากาศ	คลองวนเวียน	ตะกอนเร่ง
ตากลี	120	157	6,277,000	7,756,400	8,250,600
บรรพตพิสัย	120	108	6,277,000	7,756,400	8,250,600
ท่าตะโก	90	110	5,133,000	6,276,000	5,789,000
ลาดยาว	90	120	5,133,000	6,276,000	5,789,000
ชุมแสง	60	66	4,489,000	5,341,000	4,996,000
ไพศาลี	60	68	4,489,000	5,341,000	4,996,000
หนองบัว	60	72	4,489,000	5,341,000	4,996,000
ตากฟ้า	39	68	4,489,000	5,341,000	4,996,000
พยุหะคีรี	30	60	4,489,000	5,341,000	4,996,000
โกรกพระ	30	60	4,489,000	5,341,000	4,996,000
เก้าเลี้ยว	30	59	4,489,000	5,341,000	4,996,000
แม่วงก์	30	56	4,489,000	5,341,000	4,996,000
ชุมตาบง	10	18	4,176,000	4,341,000	4,685,000
ค่าเฉลี่ย			4,839,076	5,779,523	5,594,784

ตารางที่ 5 ประมาณการต้นทุนค่าดำเนินการดูแลบำรุงรักษาของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน

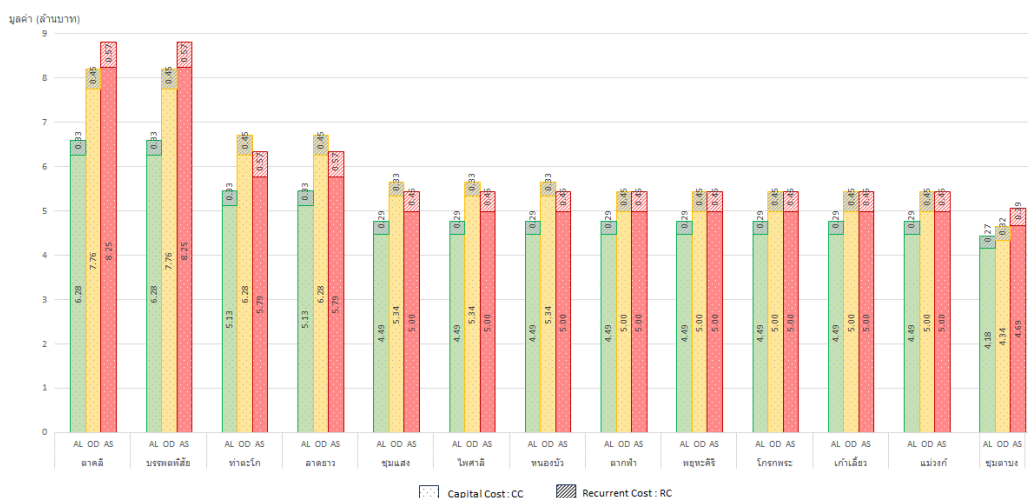
โรงพยาบาล	ขนาด (เตียง)	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม.)	ต้นทุนค่าดำเนินการดูแลบำรุงรักษา (บาทต่อปี)		
			สระเติมอากาศ	คลองวนเวียน	ตะกอนเร่ง
ตากลี	120	157	330,600	450,600	570,600
บรรพตพิสัย	120	108	330,600	450,600	570,600
ท่าตะโก	90	110	330,600	450,600	570,600
ลาดยาว	90	120	330,600	450,600	570,600
ชุมแสง	60	66	294,600	330,600	450,600
ไพศาลี	60	68	294,600	330,600	450,600
หนองบัว	60	72	294,600	330,600	450,600
ตากฟ้า	39	68	294,600	330,600	450,600
พยุหะคีรี	30	60	294,600	330,600	450,600
โกรกพระ	30	60	294,600	330,600	450,600
เก้าเลี้ยว	30	59	294,600	330,600	450,600
แม่วงก์	30	56	294,600	330,600	450,600
ชุมตาบง	10	18	270,600	318,600	390,600
ค่าเฉลี่ย			303,830	366,600	482,907

ตารางที่ 6 ประมาณการต้นทุนรวมของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดนครสวรรค์

โรงพยาบาล	ปริมาณน้ำเสีย (Q)		ต้นทุนรวม (บาท)		
	(ลบ.ม./วัน)	(ลบ.ม./ปี)	สระเติมอากาศ	คลองวนเวียน	ตะกอนเร่ง
ตากลี	157	57,305	6,607,600	8,207,000	8,821,200
บรรพตพิสัย	108	39,420	6,607,600	8,207,000	8,821,200
ท่าตะโก	110	40,150	5,463,600	6,726,600	6,359,600
ลาดยาว	120	43,800	5,463,600	6,726,600	6,359,600
ชุมแสง	66	24,090	4,783,600	5,671,600	5,446,600
ไพศาลี	68	24,820	4,783,600	5,671,600	5,446,600
หนองบัว	72	26,280	4,783,600	5,671,600	5,446,600
ตากฟ้า	68	24,820	4,783,600	5,671,600	5,446,600
พยุหะคีรี	60	21,900	4,783,600	5,671,600	5,446,600
โกรกพระ	60	21,900	4,783,600	5,671,600	5,446,600
เก้าเลี้ยว	59	21,535	4,783,600	5,671,600	5,446,600

ตารางที่ 6 (ต่อ)

โรงพยาบาล	ปริมาณน้ำเสีย (Q)		ต้นทุนรวม (บาท)		
	(ลบ.ม./วัน)	(ลบ.ม./ปี)	สระเติมอากาศ	คลองวนเวียน	ตะกอนเร่ง
เก้าเหลียว	59	21,535	4,783,600	5,671,600	5,446,600
แม่วงก์	56	20,440	4,783,600	5,671,600	5,446,600
ชุมตาบง	18	6,570	4,446,600	4,659,600	5,075,600
ค่าเฉลี่ย			5,230,900	6,146,000	6,077,700



ภาพที่ 2 ต้นทุนค่าลงทุน ค่าดำเนินการบำรุงรักษาของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดนครสวรรค์

4.3 ต้นทุนต่อหน่วย

ประมาณการของต้นทุนต่อหน่วยของระบบสระเติมอากาศ มีค่าเฉลี่ยต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุด เท่ากับ 223.52 บาทต่อการบำบัดน้ำเสีย 1 ลูกบาศก์เมตร โดยต้นทุนต่อหน่วยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุด 115.30 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เป็นระบบสระเติมอากาศของโรงพยาบาลตากลี ต้นทุนต่อหน่วยที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด 772.54 บาทต่อลูกบาศก์เมตร เป็นระบบตะกอนเร่งของโรงพยาบาลชุมตาบง ซึ่งมีปริมาณน้ำเสียเพียง 6,570 ลูกบาศก์เมตรต่อปี ส่วนระบบคลองวนเวียนและระบบตะกอนเร่ง มีค่าเฉลี่ยของค่าต้นทุนต่อหน่วยใกล้เคียงกันโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 257.60 บาท และ 257.14 บาท ตามลำดับ เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าต้นทุนต่อหน่วยของระบบบำบัดน้ำเสียด้วยสถิติ Friedman test พบว่า ต้นทุนต่อหน่วยของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลชุมชนในจังหวัดนครสวรรค์มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.001$) ต้นทุนต่อหน่วยของระบบสระเติมอากาศกับระบบคลองวนเวียน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.022$) ต้นทุนต่อหน่วยของระบบสระเติมอากาศกับระบบตะกอนเร่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.026$) และต้นทุนต่อหน่วยของระบบคลองวนเวียนกับระบบตะกอนเร่ง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} = 0.025$) ดังตารางที่ 7 และภาพที่ 3

ตารางที่ 7 ต้นทุนต่อหน่วยของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดนครสวรรค์

โรงพยาบาล	ปริมาณน้ำเสีย (Q)		ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)		
	(ลบ.ม./วัน)	(ลบ.ม./ปี)	สระเติมอากาศ	คลองวนเวียน	ตะกอนเร่ง
ตาคลี	157	57,305	115.30	143.21	153.93
บรรพตพิสัย	108	39,420	167.62	208.19	223.77
ท่าตะโก	110	40,150	136.08	167.54	158.39
ลาดยาว	120	43,800	150.85	153.57	145.16
ชุมแสง	66	24,090	198.57	235.43	226.09
ไพศาลี	68	24,820	192.73	228.50	219.44
หนองบัว	72	26,280	182.02	215.81	207.25
ตากฟ้า	68	24,820	192.73	228.50	219.44
พยุหะคีรี	60	21,900	218.43	258.98	248.70
โกรกพระ	60	21,900	218.43	258.98	248.70
เก้าเลี้ยว	59	21,535	222.13	263.36	252.91
แม่วงก์	56	20,440	234.03	277.47	266.46
ชุมตาบง	18	6,570	676.80	709.22	772.54
ค่าเฉลี่ย			223.52	257.60	257.14



ภาพที่ 3 ต้นทุนต่อหน่วยของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดนครสวรรค์

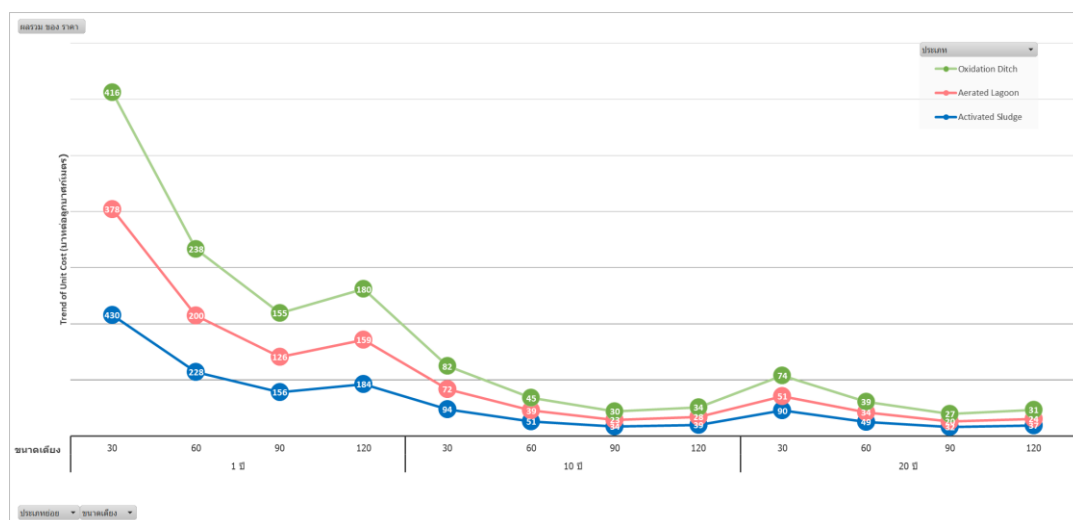
4.4 การคาดการณ์แนวโน้มต้นทุนต่อหน่วย

การคาดการณ์แนวโน้มต้นทุนต่อหน่วยในการดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียที่ระยะเวลา 1 ปี ระยะเวลา 10 ปี และ ระยะเวลา 20 ปี ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลขนาด 120 เตียง ระบบสระเติมอากาศ มีค่าเฉลี่ยต้นทุนต่อหน่วยที่ระยะเวลา 20 ปี ต่ำที่สุด เท่ากับ 24 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ค่าเฉลี่ย 34 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ระบบคลองวนเวียนมีค่าเฉลี่ยส่วนต้นทุนต่อหน่วย 44 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และระบบตะกอนเร่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 54 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ดังตารางที่ 8 และภาพที่ 4

ตารางที่ 8 การคาดการณ์แนวโน้มต้นทุนต่อหน่วยในการดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียระยะ 1 ปี 10 ปี และ 20 ปี

โรงพยาบาล (ขนาดเตียง)	ปริมาณน้ำเสีย (ลบ.ม./ปี)	การคาดการณ์แนวโน้มต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร)								
		สระเติมอากาศ			คลองวนเวียน			ตะกอนเร่ง		
		1 ปี	10 ปี	20 ปี	1 ปี	10 ปี	20 ปี	1 ปี	10 ปี	20 ปี
120	43,800	159	28	24	180	34	31	184	39	37
90	32,850	126	23	20	155	30	27	156	34	32
60	21,900	200	39	34	238	45	39	228	51	49
30	10,950	378	72	51	416	82	74	430	94	90
ค่าเฉลี่ย		223	42	34	257	49	44	257	56	54
สมการเชิงเส้น		1-10 ปี	$y = 243.61 - 20.09 (x)$			$y = 280.75 - 23.15 (x)$			$y = 279.42 - 22.28 (x)$	
		มากกว่า 10 ปี	$y = 50.78 - 0.806 (x)$			$y = 54.42 - 0.515 (x)$			$y = 59.15 - 0.258 (x)$	

เมื่อ y คือ ต้นทุนต่อหน่วย (บาทต่อลูกบาศก์เมตร) และ x คือ จำนวนปี



ภาพที่ 4 การคาดการณ์แนวโน้มต้นทุนต่อหน่วยในการดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียระยะ 1 ปี 10 ปี และ 20 ปี

4.7 ความเป็นไปได้และความเหมาะสม

เมื่อพิจารณาความเป็นไปได้และความเหมาะสมของประเภทของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชนในจังหวัดนครสวรรค์ พบว่า ระบบคลองวนเวียน มีความเป็นไปได้และความเหมาะสมมากที่สุด รองลงมา ได้แก่ ระบบตะกอนเร่งและระบบสระเติมอากาศ ตามลำดับ ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 การพิจารณาความเป็นไปได้และความเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน

ระบบ	ความเป็นไปได้							ต้นทุนต่อหน่วย		ความเหมาะสม	
	ประสิทธิภาพ		การใช้ที่ดิน		เทคโนโลยี		รวม	20 ปี		รวม	ลำดับ
สระเติมอากาศ	(80)	2	(1369)	1	(น้อย)	3	6	(34)	5	11	3
คลองวนเวียน	(90)	4	(576)	5	(มากที่สุด)	5	14	(44)	3	17	1
ตะกอนเร่ง	(90)	4	(400)	5	(มาก)	4	13	(54)	1	14	2

4.8 การพัฒนาความเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียต้นแบบ

เมื่อศึกษาเพื่อพัฒนาความเหมาะสมของระบบคลองวนเวียน ของโรงพยาบาลตาคลี โดยใช้หลักแนวคิด 3 พี พบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียมีประสิทธิภาพการลดค่าบีโอดี ร้อยละ 95.8 ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 169 กรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานกำหนด (มาตรฐาน 180 กรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน) และไม่มีน้ำเสียปนเปื้อนลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะรอบโรงพยาบาล ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 การใช้หลักการ 3 P พัฒนาความเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียต้นแบบ

รูปแบบ 3 พี	ปัจจัยนำเข้า	ผลการดำเนินงาน
เป้าหมาย	วิเคราะห์ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์ที่สูงกว่าค่ามาตรฐาน 7 เท่า ต้องพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียใหม่ และออกแบบการควบคุมดูแลแบบมีส่วนร่วม	พัฒนาเป็นระบบคลองวนเวียนที่สามารถรับภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 180 กรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน และมีค่าบีโอดีของน้ำทิ้งไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อลิตร
กระบวนการดำเนินงาน	ระดมแนวคิดเชิงวิชาการเพื่อกำหนดแนวทางการควบคุมระบบ จัดซื้อชุดตรวจและทำแผนปฏิบัติงาน ระบบรายงานผลโดยการมีส่วนร่วม	ผู้บริหาร ผู้ดูแล เจ้าหน้าที่ และประชาชน ร่วมควบคุมดูแลตรวจสอบการดำเนินระบบบำบัดน้ำเสียทุกเดือน มีระบบรายงานผลทุกวัน และส่งตรวจคุณภาพทุก 3 เดือน
ผลลัพธ์ที่ต้องการ	ประเมิน 1) ประสิทธิภาพ 2) ภาระบรรทุกสารอินทรีย์ 3) ผลกระทบ	ประสิทธิภาพ ร้อยละ 95 ค่าภาระบรรทุกสารอินทรีย์เฉลี่ย 178 กรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ค่าบีโอดีน้ำทิ้ง 17 มิลลิกรัมต่อลิตร

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีความเหมาะสมกับโรงพยาบาลชุมชนในจังหวัดนครสวรรค์ สามารถเรียงตามลำดับได้ดังนี้ 1) ระบบคลองวนเวียน 2) ระบบตะกอนเร่ง และ 3) ระบบสระเติมอากาศ ด้วยปัจจัยที่ส่งผลต่อความเป็นไปได้ที่สำคัญคือ ขนาดของที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้าง ประสิทธิภาพการบำบัด และเทคโนโลยีที่เหมาะสม โดยมีค่าต้นทุนต่อหน่วยเป็นอีกหนึ่งองค์ประกอบที่ใช้ในการพิจารณา ซึ่งระบบคลองวนเวียนมีค่าต้นทุนต่อหน่วยที่ระยะเวลา 20 ปี เท่ากับ 44 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ต่ำกว่าต้นทุนต่อหน่วยของระบบตะกอนเร่งที่มีค่า 54 บาทต่อลูกบาศก์เมตร และสูงกว่าต้นทุนต่อหน่วยของระบบสระเติมอากาศที่มีค่าเท่ากับ 34 บาทต่อลูกบาศก์เมตร ปัจจัยสำคัญที่ขนาดของที่ดินของระบบสระเติมอากาศใช้มากกว่าระบบคลองวนเวียนและระบบตะกอนเร่งถึง 2 เท่า และระบบตะกอนเร่งใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อนมีค่าใช้จ่ายในการดูแลบำรุงรักษาสูงกว่าระบบคลองวนเวียนเฉลี่ย 116,307 บาทต่อปี จากข้อมูลการสำรวจของกองบริหารการสาธารณสุข สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข (2565) พบว่า โรงพยาบาลภาครัฐทั่วประเทศ 940 แห่ง พบว่าเป็นระบบตะกอนเร่งร้อยละ 29.7 ระบบคลองวนเวียน ร้อยละ 14.3 และระบบสระเติมอากาศ ร้อยละ 10.3 ทำเห็นว่าแม้ระบบตะกอนเร่งจะมีต้นทุนต่อหน่วยสูงที่สุด แต่ด้วยข้อจำกัดของพื้นที่ในการก่อสร้างทำให้โรงพยาบาลจำนวนมากสร้างระบบตะกอนเร่ง แต่สำหรับโรงพยาบาลชุมชนในจังหวัดนครสวรรค์ มีพื้นที่เพียงพอจึงทำให้ระบบคลองวนเวียนที่มีต้นทุนต่อหน่วยต่ำกว่ามีความเป็นไปได้และเหมาะสมที่สุด

ความจำเป็นที่ต้องมีการพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียหรือก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียใหม่แทนระบบเดิมที่เป็นระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย เนื่องจากมีค่าการระบรทุกสารอินทรีย์ เกินกว่าค่ามาตรฐานกำหนดคือมากกว่า 12 กรัมบีโอดีต่อตารางเมตรต่อวัน โดยมีค่าเฉลี่ยสูงสุด 83.66 กรัมบีโอดีต่อตารางเมตรต่อวัน ที่โรงพยาบาลตากลี สอดคล้องกับผลการศึกษาของกองบริหารการสาธารณสุข สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข (2565) ที่พบว่าโรงพยาบาลชุมชนในประเทศไทยมากกว่าร้อยละ 50 ปล่อยน้ำเสียลงแหล่งน้ำสาธารณะ ก่อให้เกิดผลกระทบด้านสุขภาพและอนามัยแก่ประชาชน ทั้งนี้ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงพยาบาลส่วนใหญ่ก่อสร้างมามากกว่า 30 ปี ระบบบำบัดน้ำเสียมีการชำรุดไปตามอายุการใช้งาน น้ำเสียที่เข้าระบบมีปริมาณเกินความสามารถในการรองรับน้ำเสีย (Over Load) ต้องเร่งดำเนินการตามยุทธศาสตร์การพัฒนาและแก้ไขปัญหาาระบบบำบัดน้ำเสีย โรงพยาบาลอย่างเร่งด่วน นอกจากนี้ จากข้อมูลแหล่งกำเนิดมลพิษของระบบศูนย์กลางแลกเปลี่ยนข้อมูลสิ่งแวดล้อม (Environmental Data Exchange, EDX) และกระทรวงสาธารณสุข ในปี 2564 ประเทศไทยมีโรงพยาบาลทั้งหมด 1,323 แห่ง แบ่งเป็นโรงพยาบาลภาครัฐ 976 แห่ง โรงพยาบาลเอกชน 347 แห่ง ก่อให้เกิดปริมาณน้ำเสียมากกว่า 50,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน น้ำเสียที่เกิดขึ้นจะถูกบำบัดและฆ่าเชื้อโรคก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อม จากการศึกษาในโรงพยาบาลภาครัฐ 72 แห่ง พบว่า น้ำเสียที่ปล่อยทิ้งจากโรงพยาบาล 48 แห่ง (ร้อยละ 67) ตรวจพบ Pathogenic Bacteria and Parasites รวมถึง ตะกั่ว โครเมียม และแคดเมียม (Danchaivijit et al., 2005) ข้อเสนอแนะในการพัฒนาความเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียควรมีการเปรียบเทียบความเป็นไปได้และต้นทุนต่อหน่วยระหว่างโรงพยาบาลขนาดต่างๆ ทั้งก่อนและหลังการใช้รูปแบบการพัฒนาที่แตกต่างกัน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณนายแพทย์จักราวุธ จุฑาสงษ์ นายแพทย์สาธารณสุขจังหวัดนครสวรรค์ ที่อนุญาตให้ดำเนินการวิจัย พร้อมขอแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างที่สุดในการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อพัฒนาความเหมาะสมของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดนครสวรรค์ ทำให้การวิจัยในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. เอกสารอ้างอิง

- กองบริหารการสาธารณสุข สำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข. (2565). *แนวทางการของบประมาณระบบบำบัดน้ำเสียโดยใช้แบบแปลนมาตรฐานของสำนักงานปลัดกระทรวงสาธารณสุข*. กระทรวงสาธารณสุข. <https://phdb.moph.go.th>
- เกรียงศักดิ์ อุทมนสินโรจน์. (2539). *การบำบัดน้ำเสีย (Wastewater Treatment)*. มิตรนราการพิมพ์: กรุงเทพมหานคร.
- สมาน รุ่งศรีทอง. (2542). ความเหมาะสมของภาระบรรทุกสารอินทรีย์ของระบบบำบัดน้ำเสียโรงพยาบาลชุมชน จังหวัดนครสวรรค์. สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดนครสวรรค์.
- Bhandari, G., Chaudhary, P., Gangola, S., Gupta, S., Gupta, A., Rafatullah, M., & Chen, S. (2023). A review on hospital wastewater treatment technology: Current management practices and future prospects. *Journal of Water Process Engineering*, 56, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.104516>
- Carraro, E., Bonetta, S., Bertono, C., Lorenzi, E., & Gilli, G. (2016). Hospital effluents management: chemical, physical, microbiological risks and legislation in different countries. *Journal Environmental Management*, 168, 185-199. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.11.021>
- Cetkovic, J., Knezevic, M., Lakic, S., Zarkovic, M., Vujadinovic, R., Zivkovic, A., & Cvijovic, J. (2022). Financial and Economic Investment Evaluation of Wastewater Treatment Plant, *Water*, 14(122), 1-23. <https://doi.org/10.3390/w14010122>
- Chartier, Y. (2014). *Safe Management of Wastes from Health-care Activities*. World Health Organization. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548564>
- Cicekalan, B., Kosar, S., Cingoz, S., Eyit, N., Ersahin, M.E., & Ozgun, H. (2023). Techno-economic and environmental assessment of different municipal wastewater treatment systems. *Journal of Water Process Engineering*, 53, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2023.103822>
- Danchaivijitr, S., Wongchanapai, W., Assansen, S., & Jintanothaitavorn, D. (2005). Microbial and Heavy Metal Contamination of Treated Hospital Wastewater in Thailand. *Journal Medical Association Thailand*, 88, s59-s64. <https://www.researchgate.net/publication/6934525>

- Goffi, A.S., Trojan, F., Lima, J.D., Lizot, M., & Thesari, S.S. (2018). Economic feasibility for selecting wastewater treatment systems. *Water Science & Technology*, 48(12), 2518-2531. <https://doi.org/10.2166/wst.2019.012>.
- Kumari, A., Maurya, N.S., & Tiwari, B. (2020). Hospital Wastewater Treatment Scenario Around the Globe. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*, 549-570 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819722-6.00015-8>
- Majumder, A., Gupta, A.K., Ghosal, P.S., & Verma, M. (2020). A review on hospital wastewater treatment: A special emphasis on occurrence and removal of pharmaceutically active compounds, resistance microorganisms and SARA-CoV-2. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 9, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104812>
- Pradeepreddy, P., & Rajesh, K. (2019). Hospital Wastewater Treatment. *Journal of Engineering Sciences*, 10(9), 191-195. <https://doi.org/10.15433.JES.2019.V10I9.43P.35>
- Preecha, U., Sridang, P., & Wanichapichart, P. (2009). Preliminary Study of Hospital Wastewater Treatment with a Submerged Membrane Bioreactor (SMBR): Case Study of Songklanagarind Hospital-Thailand. *Journal of Applied Membrane Science & Technology*, 9(1), 9-17. <https://doi.org/10.11113/amst.v9i1.64>
- Senante, M.M., Sancho, F.H., & Garrido, R.S. (2012). Economic feasibility study for new technological alternatives in wastewater treatment processes: a review. *Water Science & Technology*, 65(5), 898-906. <https://doi.org/10.2166/wst.2012.936>.
- Verlicchi, P., Aukidy, M.A., & Zambello, E. (2015). What have we learned from worldwide experience on the management and treatment of hospital effluent?-An Overview and a discussion on perspectives. *Science of the Total Environment*, 514, 467-491. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.020>
- Zhang, X., Yan, S., Chen, J., Tyagi, R.D., & Li, J. (2020). Physical, chemical, and biological impact (hazard) of hospital wastewater on environment: presence of pharmaceuticals, pathogens, and antibiotic-resistance genes. *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*, 3, 79-102. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819722-6.00003-1>